



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000048325 A**(43) Date of publication of application: **18.02.00**

(51) Int. Cl

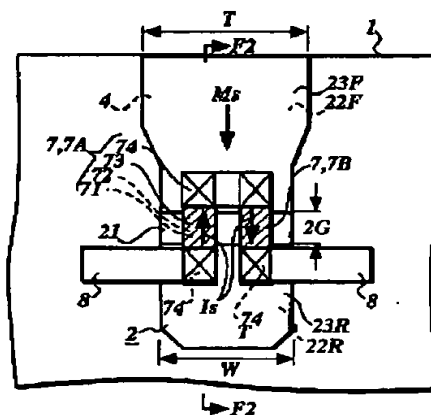
G11B 5/39(21) Application number: **10214446**(71) Applicant: **VICTOR CO OF JAPAN LTD**(22) Date of filing: **29.07.98**(72) Inventor: **YAGYU SHINGO**(54) **YOKE TYPE MAGNETO-RESISTIVE THIN-FILM
MAGNETIC HEAD AND ITS PRODUCTION**

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a yoke type magneto-resistive(MR) thin-film magnetic head which improves reproduction output and is capable of embody a higher recording density by ameliorating the decrease in the magnetization quantity in overlap regions between MR elements and a magnetic field induction yoke, the reproduction voltage obtd. by the constant current driving of the MR elements and the magnetic field quantity flowing into the MR elements.

SOLUTION: A plurality of the magneto-resistive elements (MR elements or GMR elements) 7A, 7b are arrayed in the track width direction in the yoke gap 2G portion of the magnetic field induction yoke 2 of the yoke type MR thin-film magnetic head. The MR elements 7A, 7B are respectively electrically connected by connecting wiring 74 and the direction I_s , where the detecting current flows in the respective MR elements 7A, 7B, is set substantially parallel with the signal magnetic field direction M_s flowing to the magnetic induction yoke 2.



(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-48325

(P2000-48325A)

(43) 公開日 平成12年2月18日 (2000.2.18)

(51) Int.Cl.

G11B 5/39

識別記号

F I

G11B 5/39

テマコード (参考)

5D034

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全14頁)

(21) 出願番号

特願平10-214446

(22) 出願日

平成10年7月29日 (1998.7.29)

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(72) 発明者 柳生 慎悟

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外9名)

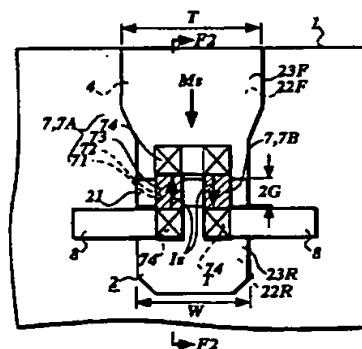
Fターム (参考) 5D034 AA02 BA03 BA08 BB02 CA06

(54) 【発明の名称】 ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 磁気抵抗効果素子と磁界誘導ヨークとの間のオーバーラップ領域における磁化量低下、磁気抵抗効果素子の定電流駆動で得られる再生電圧並びに磁気抵抗効果素子に流入する磁束量を改善することにより再生出力を向上し、高記録密度化が実現できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供する。

【解決手段】 ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、磁界誘導ヨーク2のヨークギャップ2G部分にトラック幅方向に磁気抵抗効果素子 (MR素子又はGMR素子) 7A、7Bを複数配列する。この磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれは連結配線74により電気的に直列に接続され、それぞれの磁気抵抗効果素子7A、7Bにおいて検出電流の流れる方向Isが磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界方向Msと実質的に平行に設定される。



- 1 基板
- 2 磁界誘導ヨーク
- 2G ヨークギャップ
- 4 磁気ギャップ層
- 7,7A,7B 磁気抵抗効果素子 (MR素子)
- 71 バイアス層
- 72 中間層
- 73 MR層
- 74 連結配線 (反強磁性層)
- 8 リード配線
- T トラック幅
- 21,22F,23F,22R,23R 磁性層

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ヨークギャップを有する磁界誘導ヨークと、
前記磁界誘導ヨークのヨークギャップ部分においてトラック幅方向に複数配列された磁気抵抗効果素子と、
前記複数配列された磁気抵抗効果素子のそれぞれを電気的に直列に接続し、それぞれの磁気抵抗効果素子において検出電流の流れる方向を前記磁界誘導ヨークに流れる信号磁界方向と実質的に平行にする連結配線と、
を備えたことを特徴とするヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 前記連結配線は、反強磁性層又は硬磁性層で形成されたことを特徴とする請求項1に記載のヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 前記磁気抵抗効果素子の一部が磁界誘導ヨークに直接接続されたことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 ヨークギャップを有する磁界誘導ヨークと、
前記磁界誘導ヨークのヨークギャップ部分においてトラック幅方向に複数配列され、それぞれトラック幅方向と実質的に平行な方向に磁化された自由層を有するスピナルバルブ型巨大磁気抵抗効果素子と、
前記スピナルバルブ型巨大磁気抵抗効果素子の自由層の側部に配設され、前記自由層の磁区制御を行う硬磁性層と、
前記複数配列されたスピナルバルブ型巨大磁気抵抗効果素子のそれぞれを電気的に直列に接続し、それぞれのスピナルバルブ型巨大磁気抵抗効果素子において検出電流の流れる方向を前記磁界誘導ヨークに流れる信号磁界方向と実質的に平行にする連結配線と、
を備えたことを特徴とするヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法において、
基板上に自由層、非磁性導電層、固定層、反強磁性層のそれぞれを順次積層する工程と、
前記反強磁性層上においてトラック幅方向に所定間隔でマスクを形成し、このマスクを使用して反強磁性層、固定層、非磁性導電層、自由層の各層をパターンニングする工程と、
前記パターンニングされた各層の側部並びに前記マスク上に絶縁層及び硬磁性層を堆積する工程と、
前記マスク及びマスク上の不必要な絶縁層及び硬磁性層を除去しつつ、各層間には硬磁性層を残し、自由層、非磁性導電層、固定層、反強磁性層及びこれらの側部に硬磁性層を有するスピナルバルブ型巨大磁気抵抗効果素子をトラック幅方向に複数形成する工程と、
を備えたことを特徴とするヨークタイプ磁気抵抗効果型

薄膜磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】 ヨークギャップを有する磁界誘導ヨークと、
前記磁界誘導ヨークのヨークギャップ部分においてトラック幅方向に複数配列され、それぞれ第1反強磁性層による交換結合でトラック幅方向と実質的に平行な方向に磁化された自由層及び第1反強磁性層とはブロッキング温度が異なる第2反強磁性層による交換結合でトラック幅方向と実質的に直交する方向に磁化された固定層を有する交換結合型巨大磁気抵抗効果素子と、
前記複数配列された交換結合型巨大磁気抵抗効果素子のそれぞれを電気的に直列に接続し、それぞれの交換結合型巨大磁気抵抗効果素子において検出電流の流れる方向を前記磁界誘導ヨークに流れる信号磁界方向と実質的に平行にする連結配線と、
を備えたことを特徴とするヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20 【発明の属する技術分野】本発明は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。特に本発明は、磁界誘導ヨークのヨークギャップ部分に磁気抵抗効果素子（MR素子又はGMR素子）を配設するヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

30 【従来の技術】薄膜磁気ヘッドは、インダクタンスが低く、周波数特性に優れていることからハードディスクドライブ（HDD）に組み込まれる磁気ヘッドとして数多く使用されている。最近では、HDDと同様に、デジタルビデオテープレコーダ（VTR）やデジタルストレージの用途として、薄膜磁気ヘッドはテープ系磁気記録媒体に記録されたデータの再生に使用される。

【0003】HDDを含むデジタルストレージの用途においては、記録密度の高密度化に加えてデータ転送速度の高速化が望まれており、薄膜磁気ヘッドには更なる再生出力の増加及び低インダクタンス化が要望されている。

40 【0004】このような要望に応えるべく、HDDにおいては磁気抵抗効果素子が利用されつつある。図17は一般的な磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの概略平面図である。磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは、基板100上に配設された磁気抵抗効果素子101を備える。磁気抵抗効果素子101にはMR素子が使用される。磁気抵抗効果素子101の一端側、他端側には一対のリード配線102が電気的に接続されており、リード配線102は磁気抵抗効果素子101に検出電流を供給しかつ供給された検出電流の取り出しを行う。磁気記録媒体103に記録された磁気データにより（磁場の影響により）磁気抵抗効果素子101の抵抗値が変化し、リード配線102で供給された検出電流が変化する。この検出電流の変化は

リード配線102で取り出され、取り出された検出信号は磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの再生出力になる。一対のリード配線102間はトラック幅Tである。

【0005】図17に示す磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは磁気記録媒体103から浮上した状態でHDDに組み込まれるので、磁気記録媒体103と磁気抵抗効果素子101との接触がない。ところが、VTR等に組み込まれる磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子とテープ系磁気記録媒体との間が常時接触状態にある。このため、磁気抵抗効果素子に一定の電流が流れ、短絡、放電又は腐食により磁気抵抗効果素子の特性変化や特性劣化が発生し、さらに磨耗により磁気抵抗効果素子の特性変化や特性劣化が発生する恐れがある。

【0006】そこで、テープ系磁気記録媒体の再生には、磁気記録媒体から離れた位置に磁気抵抗効果素子を配設し、磁気記録媒体と磁気抵抗効果素子との間に磁束導入用磁性体を配設したヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが使用される。図18は一般的なヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの概略平面図、図19は図18に示すF19-F19切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型ヘッドの側面図である。図18中上側、図19中左側には、図示しないがテープ系磁気記録媒体が高速走行する。ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは、基板110上に配設された磁界誘導ヨーク111及び磁気抵抗効果素子113を備える。磁界誘導ヨーク111は下部磁性層111A、磁気記録媒体側において下部磁性層111A上に磁気ギャップ層112を介して配設された上部磁性層111F、磁気記録媒体側とは反対側において下部磁性層111A上に直接配設された上部磁性層111Rで構成される。この磁界誘導ヨーク111は磁気ギャップ層112で検出される信号磁界の閉磁路を構築する。上部磁性層111F、111Rのそれぞれの間には隙間が形成され、この隙間はヨークギャップ（ヨーク内ギャップ）114として機能する。磁気抵抗効果素子113はヨークギャップ114部分に図示しない絶縁体を介在して配設される。磁気抵抗効果素子113の一端側、他端側にはそれぞれリード配線115が電気的に接続され、このリード配線115は検出電流の供給及び検出電流の取り出しを行う。

【0007】図20は磁界誘導ヨーク111の形状と磁気抵抗効果素子113中の磁化との関係について3次元有限要素法で計算した結果を示す図である。一般的に、磁気抵抗効果素子113中の磁化が大きいほど、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの再生効率が良い。図20に示すように、再生効率の向上には以下の3点が必要である。

【0008】(1) 磁界誘導ヨーク111の幅を狭くする。

(2) 磁界誘導ヨーク111の厚さ、すなわち磁性層の膜厚を厚くする。

(3) ヨークギャップ114を狭くする。

【0009】しかしながら、単純に再生効率を向上することができない。すなわち、第1に、磁界誘導ヨーク111の幅を狭くすると、磁気抵抗効果素子113の長さ（一対のリード配線115間の距離に相当する。）が短くなることと等しく、磁気抵抗効果素子113の抵抗値そのものが低くなる。例えば、磁界誘導ヨーク111の幅を2分の1に設定すると磁気抵抗効果素子113の磁化量は1.5倍に増加するが、磁気抵抗効果素子113の抵抗値が半分になるので、定電流駆動で得られる再生電圧はむしろ低下する。

【0010】第2に、ヨークギャップ114を狭くすれば再生効率は向上できるが、フォトリソグラフィ技術並びにエッチング技術の加工精度向上に限界があり、製造上、ヨークギャップ114は狭くできない。磁界誘導ヨーク111、すなわち磁性層の膜厚を薄くすればヨークギャップ114をある程度狭くすることが可能であるが、図20に示すように磁性層の膜厚を厚くしなければ再生効率が向上できない。

【0011】第3に、図19に示すように、磁気抵抗効果素子113と上部磁性層111Fとの間、磁気抵抗効果素子113と上部磁性層111Rとの間にはそれぞれ磁氣的結合を行うために互いに重なり合うオーバーラップ領域Lが必要になるが、このオーバーラップ領域Lにおいては磁気抵抗効果素子113の中心部分に比べてはるかに磁化量が小さい。すなわち、磁気抵抗効果素子113のオーバーラップ領域Lにおいては、検出電流の抵抗変化に寄与する割合が小さく、むしろ再生効率が低下する。

【0012】第4に、図示しないが、オーバーラップ領域Lにおいては、磁気抵抗効果素子113と上部磁性層111Fとの間、磁気抵抗効果素子113と上部磁性層111Rとの間にはそれぞれ電氣的分離を行う絶縁体が形成されるが、この絶縁体は信号磁界に対する磁気抵抗として作用して大幅な再生効率の低下を生じる。

【0013】このような技術的課題のうちいくつかを解決できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが、特開平8-235535号公報、特開平8-147632号公報にそれぞれ開示されている。これらの公報に開示された磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは、図18に示す磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子113に流れる検出電流とは直交方向に、すなわち磁界誘導ヨークで構築される磁路と平行方向に、磁気抵抗効果素子に検出電流を流す構造としたものである。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述の公報に開示された磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、以下の点について配慮がなされていない。磁気抵抗効果素子の抵抗値をある程度高くして定電圧駆動で得られる再生電圧を高め、高記録密度化を図るためには、

トラック幅方向において磁気抵抗効果素子の幅を狭くするか、磁界誘導ヨークのヨークギャップの長さを長くして磁路方向に磁気抵抗効果素子の長さを長くすることが考えられる。ところが、いずれの方法も、磁路全体の磁気抵抗が増加し、かえって再生効率が低下してしまう。

【0015】本発明は上記課題を解決するためになされたものである。従って、本発明の目的は、再生出力を向上させることができ、高記録密度化が実現できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供することである。さらに詳細には、本発明の目的は、磁気抵抗効果素子と磁界誘導ヨークとの間のオーバーラップ領域における磁化量低下を改善し、磁気抵抗効果素子の定電流駆動で得られる再生電圧を改善し、かつ磁気抵抗効果素子に流入する磁束量を改善することにより再生出力を向上させ、高記録密度化が実現できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供することである。

【0016】さらに、本発明の目的は、バルクハウゼンノイズを減少させて再生出力特性を向上させることができ、構造が簡易に実現できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供することである。

【0017】さらに、本発明の目的は、閉磁路全体の磁気抵抗を減少させて、再生出力を向上させることができるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供することである。

【0018】さらに、本発明の目的は、スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果素子を備えたヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、上記目的を達成することである。

【0019】さらに、本発明の目的は、上記スピンバルブ型巨大磁気抵抗効果素子の微細加工、特に自由層とこの自由層の磁区制御を行う硬磁性層とを微細に加工できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供することである。

【0020】さらに、本発明の目的は、交換結合型巨大磁気抵抗効果素子を備えたヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、上記目的を達成することである。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、この発明の第1の特徴は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨークギャップを有する磁界誘導ヨークと、磁界誘導ヨークのヨークギャップ部分においてトラック幅方向に複数配列された磁気抵抗効果素子（MR素子又はGMR素子）と、複数配列された磁気抵抗効果素子のそれぞれを電氣的に直列に接続し、それぞれの磁気抵抗効果素子において検出電流の流れる方向を磁界誘導ヨークに流れる信号磁界方向と実質的に平行にする連結配線と、を備えたことである。

【0022】このように構成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子

に検出電流が流れる方向と磁界誘導ヨークに信号磁界が流れる方向とをほぼ平行にしたので、磁界誘導ヨークと磁気抵抗効果素子とのオーバーラップ領域における磁化量低下が防止でき、再生出力が向上できる。さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、複数の磁気抵抗効果素子がトラック幅方向に配列され、この複数の磁気抵抗効果素子が電氣的に直列に接続されるので、複数の磁気抵抗効果素子の合計の抵抗値が高く、定電流駆動で得られる再生電圧が高くなり、再生出力が向上できる。さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子の合計の抵抗値が高く、再生電圧が高く設定でき、磁界誘導ヨークのトラック幅方向の幅を狭くして磁気抵抗効果素子に流入する磁束量が増加できるので、再生出力が向上できる。従って、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの高記録密度化が実現できる。

【0023】この発明の第2の特徴は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、連結配線が反強磁性層又は硬磁性層で形成されたことである。

【0024】このように構成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、前述の第1の特徴で得られる効果に加え、反強磁性層又は硬磁性層により磁気抵抗効果素子の単磁区構造の安定性が確保できるので、バルクハウゼンノイズが減少でき、再生出力特性が向上できる。さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、連結配線が反強磁性層又は硬磁性層で形成されるので、連結配線の形成に別途新たに薄膜を形成する必要がなくなり、構造が簡易に実現できる。ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造プロセスにおいては、連結配線を形成する工程を削減できるので、製造工程数が減少できる。

【0025】この発明の第3の特徴は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、磁気抵抗効果素子の一部が磁界誘導ヨークに直接接続されたことである。磁気抵抗効果素子の一部と磁界誘導ヨークとの間の直接接続は双方のオーバーラップ領域で行われることが好ましい。さらに好ましくは、磁気抵抗効果素子の一部と磁界誘導ヨークとの間の直接接続は磁気記録媒体に近接する側で行われる。

【0026】このように構成される磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子の一部と磁界誘導ヨークとの間の磁気抵抗が直接接続で減少できるので、閉磁路全体の磁気抵抗が減少できる。すなわち、磁気抵抗効果素子に流入する磁束量が増加できるので、磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの再生出力が向上できる。

【0027】この発明の第4の特徴は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨークギャップを有する磁界誘導ヨークと、磁界誘導ヨークのヨークギャップ部分においてトラック幅方向に複数配列され、それぞれトラック幅方向と実質的に平行な方向に磁化され

た自由層を有するスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子（GMR素子）と、スピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子の自由層の側部に配設され、自由層の磁区制御を行う硬磁性層と、複数配列されたスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子のそれぞれを電氣的に直列に接続し、それぞれのスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子において検出電流の流れる方向を磁界誘導ヨークに流れる信号磁界方向と実質的に平行にする連結配線と、を備えたことである。トラック幅方向に複数配列されたスピバルブ型磁気抵抗効果素子の自由層と硬磁性層との間は電氣的には絶縁される。

【0028】このように構成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、前述の第1の特徴のヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドで得られる効果がスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子で得られ、さらにスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子は自由層の磁化方向を磁路に対して垂直方向に設定しているので、数倍の再生出力が得られる。さらに、スピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子の自由層の磁区は側部に配設された硬磁性層により単磁区化されるので、バルクハウゼンノイズの発生が減少できる。さらに、第1の特徴のヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドと同様に、複数のスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子が直列に接続されたことにより、複数のスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子の合計の抵抗値が高く、定電流駆動で得られる再生電圧が高くなり、再生出力が向上できる。

【0029】この発明の第5の特徴は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法において、

(1) 基板上に自由層、非磁性導電層、固定層、反強磁性層のそれぞれを順次積層する工程と、(2) 反強磁性層上においてトラック幅方向に所定間隔でマスクを形成し、このマスクを使用して反強磁性層、固定層、非磁性導電層、自由層の各層をパターンニングする工程と、

(3) パターンニングされた各層の側部並びにマスク上に絶縁層及び硬磁性層を堆積する工程と、(4) マスク及びマスク上の不必要な絶縁層及び硬磁性層を除去しつつ、各層間には硬磁性層を残し、自由層、非磁性導電層、固定層、反強磁性層及びこれらの側部に硬磁性層を有するスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子をトラック幅方向に複数形成する工程と、を備えたことである。

【0030】このような製造方法で形成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、トラック幅方向に複数配列されたスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子のそれぞれの自由層に対して硬磁性層がリフトオフ法により自己整合（セルフアライメント）で形成できる。従って、スピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子の微細加工が実現できる。

【0031】この発明の第6の特徴は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、ヨークギャップを有する磁界誘導ヨークと、磁界誘導ヨークのヨークギ

ャップ部分においてトラック幅方向に複数配列され、それぞれ、第1反強磁性層による交換結合でトラック幅方向と実質的に平行な方向に磁化された自由層及び第1反強磁性層とはブロッキング温度が異なる第2反強磁性層による交換結合でトラック幅方向と実質的に直交する方向に磁化された固定層を有する交換結合型巨大磁気抵抗効果素子（GMR素子）と、複数配列された交換結合型巨大磁気抵抗効果素子のそれぞれを電氣的に直列に接続し、それぞれの交換結合型巨大磁気抵抗効果素子において検出電流の流れる方向を磁界誘導ヨークに流れる信号磁界方向と実質的に平行にする連結配線と、を備えたことである。

【0032】このように構成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、前述の第4の特徴で得られる効果に加えて、交換結合型巨大磁気抵抗効果素子は第1反強磁性層の交換結合作用により自由層の単磁区化の制御を行えるので、第4の特徴における硬磁性層がなくなる。従って、トラック幅方向に複数配列された複数の磁気抵抗効果素子間に硬磁性層を形成する必要がなく、第1、第2反強磁性層、自由層、固定層の各層を積層した単純な構造で交換結合型巨大磁気抵抗効果素子が形成できるので、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの構造が簡易に実現できる。さらに、製造プロセスにおいては、リフトオフ法により硬磁性層を形成する工程がなくなるので、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程数が削減できる。

【0033】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）以下、図面を参照して本発明の第1の実施の形態について説明する。図1は本発明の第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの平面構成図、図2は図1に示すF2-F2切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図である。

【0034】図1及び図2に示すように、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは、ヨークギャップ2Gを有する磁界誘導ヨーク2と、磁界誘導ヨーク2のヨークギャップ2G部分においてトラック幅T方向に複数配列された磁気抵抗効果素子7A及び7Bと、複数配列された磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれを電氣的に直列に接続し、それぞれの磁気抵抗効果素子7A、7Bにおいて検出電流の流れる方向Isを磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界方向Msと実質的に平行にする連結配線74と、を備える。直列接続された複数の磁気抵抗効果素子7A及び7Bは1つの磁気抵抗効果素子7として構築される。これらの磁界誘導ヨーク2、磁気抵抗効果素子7、連結配線74はいずれも基板1の表面上に配設される。

【0035】磁界誘導ヨーク2は、基板1上に配設された下部磁性層21、図示しない磁気記録媒体側（図1中上側、図2中左側）において下部磁性層21上に直接配

設された中間磁性層22F、中間磁性層22F上に磁気ギャップ層4を介在して配設された上部磁性層23F、磁気記録媒体側と反対側において下部磁性層21上に直接配設された中間磁性層22R、中間磁性層22R上に直接配設された上部磁性層23Rを備えて構築される。中間磁性層22Fと上部磁性層23Fとの間の磁気ギャップ層4は磁気記録媒体に記録された磁気情報の検出を行う。上部磁性層23Fと上部磁性層23Rとの間の隙間はヨークギャップ2Gとして使用され、本実施の形態においてヨークギャップ2G部分上側には磁気抵抗効果素子7が配設される。ヨークギャップ2Gは磁気ギャップ層4で検出された信号磁界を磁気抵抗効果素子7に流入させる。すなわち、磁界誘導ヨーク2は磁気ギャップ層4で検出された信号磁界を磁気抵抗効果素子7に流入させる閉磁路を構築する。図1中及び図2中に示す符号Msを付した矢印が指し示す方向は閉磁路における信号磁界が流れる方向を表す。

【0036】磁気抵抗効果素子7の磁気抵抗効果素子7A、7Bはいずれも一端側が磁界誘導ヨーク2の上部磁性層23F上に重複（オーバーラップ）して配設され、他端側が上部磁性層23R上に重複して配設される。本実施の形態において磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれの一端側は上部磁性層23Fに絶縁層6を介在せずに直接接続されており、双方の間の磁気抵抗が減少される。磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれの他端側は上部磁性層23Rに絶縁層6を介在して間接的に接続される。磁気抵抗効果素子7Aの他端側には検出電流Isを供給するリード配線8が電気的に接続され、磁気抵抗効果素子7Bの他端側には供給された検出電流Isの取り出しを行うリード配線8が電気的に接続される。

【0037】磁気抵抗効果素子7A、7Bは、いずれもバイアス層71、中間層72、MR層73、反強磁性層74のそれぞれを順次積層した積層構造で形成される。バイアス層71は例えば15nmの膜厚を有するCoZrMo膜で形成される。中間層72は例えば20nmの膜厚を有するTa膜で形成される。MR層73は例えば20nmの膜厚を有するNiFe膜で形成される。反強磁性層74は磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれの一端側及び他端側に形成され、この反強磁性層74は磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれの単磁区構造の安定性を確保してバルクハウゼンノイズを減少できる。反強磁性層74は例えば10nmの膜厚を有するFeMn膜で形成される。

【0038】磁気抵抗効果素子7Aの一端側に形成された反強磁性層74、磁気抵抗効果素子7Bの一端側に形成された反強磁性層74のそれぞれは、互いに連結され一体的に形成され、連結配線74として使用される。この連結配線74は、前述のように複数配列された磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれを電気的に直列に接続し、それぞれの磁気抵抗効果素子7A、7Bにおいて検出電流Isの流れる方向を磁界誘導ヨーク2に流れる信

号磁界方向Msと実質的に平行にする。

【0039】なお、図2中、符号3、5はいずれも絶縁層である。また、図示しないが、図2中、磁気抵抗効果素子7及びリード配線8上には保護膜が形成される。

【0040】次に、前述のヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。図3乃至図8は製造方法を工程毎に説明するヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【0041】（1）まず、基板1が準備され、図3に示すように、基板1上に下部磁性層21を形成する。基板1には Al_2O_3 -TiC基板、CaTiO₃基板等のセラミックス基板が実用的に使用できる。下部磁性層21にはNiFe膜、CoZrNb膜等の軟磁性膜が実用的に使用でき、軟磁性膜は例えばスパッタリング法により3 μ mの膜厚で形成される。下部磁性層21は、フォトリソグラフィ技術で形成されたマスクを使用し、イオンミリング法によりパターンニングされる。

【0042】（2）図4に示すように、下部磁性層21上に中間磁性層22F、22Rのそれぞれを同一製造工程で形成する。中間磁性層22F、22Rには、いずれも下部磁性層21と同様に、NiFe膜、CoZrNb膜等の軟磁性膜が実用的に使用でき、軟磁性膜は例えばスパッタリング法により3 μ mの膜厚で形成される。中間磁性層22F、22Rは、フォトリソグラフィ技術で形成されたマスクを使用し、イオンミリング法によりパターンニングされる。

【0043】（3）中間磁性層22F及び22Rの周囲に絶縁層3を埋設する（図5参照）。絶縁層3にはSiO₂等の無機絶縁膜が実用的に使用できる。絶縁層3は、例えばスパッタリング法により無機絶縁膜を基板1全面に例えば7 μ mの膜厚で形成した後に、中間磁性層22F、22Rのそれぞれの表面と一致する高さまで（中間磁性層22F、22Rのそれぞれの表面が露出するまで）機械研磨される。

【0044】（4）図5に示すように、少なくとも中間磁性層22Fの表面上に磁気ギャップ層4を形成する。磁気ギャップ層4には Al_2O_3 膜、SiO₂等の無機絶縁膜が実用的に使用でき、この無機絶縁膜はスパッタリング法により例えば0.15 μ mの膜厚で形成される。磁気ギャップ層4の少なくとも中間磁性膜22Rの表面上は例えばRIE等のエッチングにより除去され、中間磁性膜22Rと上部磁性膜23Rとの接続部分の磁気抵抗が低減される。

【0045】（5）図6に示すように、中間磁性層22F上に磁気ギャップ層4を介して上部磁性層23Fを形成し、同一製造工程で中間磁性層22R上に直接上部磁性層23Rを形成する。上部磁性層23F、23Rにはいずれも下部磁性層21と同様に、NiFe膜、CoZrNb膜等の軟磁性膜が実用的に使用でき、軟磁性膜は例えばスパッタリング法により3 μ mの膜厚で形成される。上部磁

性層 23 F、23 R は、フォトリソグラフィ技術で形成されたマスクを使用し、イオンミリング法によりパターンニングされる。上部磁性層 23 F 及び 23 R の形成により上部磁性層 23 F、23 R のそれぞれの間にヨークギャップ 2 G が形成される。

【0046】(6) 上部磁性層 23 F、23 R のそれぞれの周囲並びにヨークギャップ 2 G 部分に絶縁層 5 を埋設する(図 7 参照)。絶縁層 5 には SiO₂ 等の無機絶縁膜が実用的に使用できる。絶縁層 5 は、例えばスパッタリング法により無機絶縁膜を基板 1 全面に例えば 4 μm の膜厚で形成した後に、上部磁性層 23 F、23 R のそれぞれの表面と一致する高さまで(上部磁性層 23 F、23 R のそれぞれの表面が露出するまで)機械研磨される。このとき、上部磁性層 23 F 及び 23 R の磁気特性が変化しないように、上部磁性層 23 F、23 R のそれぞれの表面粗さ Ra は 30nm 以下に設定される。

【0047】(7) 図 7 に示すように、上部磁性層 23 F と磁気抵抗効果素子 7 の一部との間の接続部分を除き、上部磁性層 23 F、23 R、絶縁層 5 上に絶縁層 6 を形成する。絶縁層 6 は、上部磁性層 23 R と磁気抵抗効果素子 7 との間の絶縁ギャップ層を形成するために、例えば 100nm の膜厚を有する Al₂O₃ 膜で形成される。Al₂O₃ 膜は上部磁性層 23 F と磁気抵抗効果素子 7 の一部との間の接続部分に予めマスクを形成した状態で基板 1 全面にスパッタリング法で形成され、マスクの選択的除去とともにマスク上の Al₂O₃ 膜の選択的除去を行うことにより、接続部分が開口された絶縁層 6 が形成できる。すなわち、上部磁性層 23 F と磁気抵抗効果素子 7 の一部との間の接続部分の開口はリフトオフ法により形成される。

【0048】(8) 図 8 に示すように、ヨークギャップ 2 G 部分であって絶縁層 6 上に磁気抵抗効果素子 7 (7 A 及び 7 B) を形成する。磁気抵抗効果素子 7 A の一端側、磁気抵抗効果素子 7 B の一端側はいずれも絶縁層 6 に形成された開口を通して上部磁性層 23 F に接続される。磁気抵抗効果素子 7 は、バイアス層 7 1、中間層 7 2、MR 層 7 3、反強磁性層 7 4 のそれぞれを順次積層して形成される。すなわち、まずバイアス層 7 1 である例えば 15nm の膜厚を有する CoZrMo 膜、中間層 7 2 である例えば 20nm の膜厚を有する Ta 膜、MR 層 7 3 である例えば 20nm の膜厚を有する NiFe 膜のそれぞれを順次スパッタリング法で形成し、フォトリソグラフィ技術で形成したマスクを使用してこれらの膜をイオンミリング法によりパターンニングする。

【0049】この後、MR 層 7 3 上に反強磁性層 7 4 である例えば 10nm の膜厚を有する FeMn 膜をスパッタリング法で形成し、RIE 等のエッチングにより FeMn 膜は所定の形状にパターンニングされる。磁気抵抗効果素子 7 A の一端側(磁気記録媒体側)の反強磁性層 7 4、磁気抵抗効果素子 7 B の一端側(同様に磁気記録媒体側)の反強磁

性層 7 4 のそれぞれは相互に連結され(一体的に形成され)、連結配線 7 4 として形成される。

【0050】(9) 前述の図 1 及び図 2 に示すように、磁気抵抗効果素子 7 の反強磁性層 7 4 に接続されるリード配線 8 を形成する。リード配線 8 は例えば Cu 膜、Cr 膜のそれぞれを順次積層した積層構造で形成し、このリード配線 8 は例えばリフトオフ法で形成される。

【0051】そして、図示しないが、リード配線 8 上を含む基板 1 全面に保護膜を形成することにより、本実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0052】このように構成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子 7 の検出電流 I_s が流れる方向と磁界誘導ヨーク 2 の信号磁界が流れる方向 M_s とをほぼ平行にしたので、磁界誘導ヨーク 2 と磁気抵抗効果素子 7 とのオーバーラップ領域における磁化量低下が防止でき、再生出力が向上できる。

【0053】さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、複数の磁気抵抗効果素子 7 A、7 B がトラック幅 T 方向に配列され、この複数の磁気抵抗効果素子 7 A、7 B が電気的に連結配線 7 4 で直列に接続されるので、複数の磁気抵抗効果素子 7 A、7 B の合計の抵抗値が高く、定電流駆動で得られる再生電圧が高くなり、再生出力が向上できる。

【0054】さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子 7 A、7 B の合計の抵抗値が高く、再生電圧が高く設定でき、磁界誘導ヨーク 2 のトラック幅 T 方向の幅 W を狭くして磁気抵抗効果素子 7 A、7 B に流入する磁束量が増加できるので、再生出力が向上できる。本実施の形態においては、磁界誘導ヨーク 2 の幅 W をトラック幅 T よりも狭く絞り込むことができる。従って、再生出力の増加に伴い、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの高記録密度化が実現できる。

【0055】さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、磁気抵抗効果素子 7 の反強磁性層 7 4 により磁気抵抗効果素子 7 の単磁区構造の安定性が確保できるので、バルクハウゼンノイズが減少でき、再生出力特性が向上できる。さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、連結配線 7 4 自体が反強磁性層 7 4 で形成されるので、連結配線 7 4 の形成に別途新たに薄膜を形成する必要がなくなり、構造が簡易に実現できる。ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造プロセスにおいては、連結配線 7 4 を形成する工程を削減できるので、製造工数が減少できる。

【0056】さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、磁気抵抗効果素子 7 の一部と磁界誘導ヨーク 2 との間の磁気抵抗が直接接続で減少できる

10

20

30

40

50

ので、閉磁路全体の磁気抵抗が減少できる。すなわち、磁気抵抗効果素子7に流入する磁束量が増加できるので、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの再生出力が向上できる。

【0057】なお、本実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは磁界誘導ヨーク2のヨークギャップ2G部分においてトラック幅T方向に2個の磁気抵抗効果素子7A、7Bのそれぞれを直列接続したが、本発明は3個又はそれ以上の個数の磁気抵抗効果素子をトラック幅方向に配設しかつそれぞれの磁気抵抗効果素子を直列に接続してもよい。

【0058】(第2の実施の形態) 本実施の形態は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、磁気抵抗効果素子にスピンバルブ型GMR素子が使用される場合を説明する。図9は本発明の第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの平面構成図、図10は図9に示すF10-F10切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図、図11は図9に示すF11-F11切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図である。

【0059】図9乃至図11に示すように、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは、ヨークギャップ2Gを有する磁界誘導ヨーク2と、磁界誘導ヨーク2のヨークギャップ2G部分においてトラック幅T方向に複数配列された磁気抵抗効果素子9A~9Dと、複数配列された磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれを電氣的に直列に接続し、それぞれの磁気抵抗効果素子9A~9Dにおいて検出電流の流れる方向Isを磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界方向Msと実質的に平行にする連結配線81と、を備える。直列接続された複数の磁気抵抗効果素子9A~9Dは1つの磁気抵抗効果素子9として構築される。これらの磁界誘導ヨーク2、磁気抵抗効果素子9、連結配線81はいずれも基板1の表面上に配設される。

【0060】磁界誘導ヨーク2は、前述の第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドと同様に、基板1上に配設された下部磁性層21、図示しない磁気記録媒体側(図9中上側、図10中左側)において下部磁性層21上に直接配設された中間磁性層22F、中間磁性層22F上に磁気ギャップ層4を介在して配設された上部磁性層23F、磁気記録媒体側と反対側において下部磁性層21上に直接配設された中間磁性層22R、中間磁性層22R上に直接配設された上部磁性層23Rを備えて構築される。中間磁性層22Fと上部磁性層23Fとの間の磁気ギャップ層4は磁気記録媒体に記録された磁気情報の検出を行う。上部磁性層23Fと上部磁性層23Rとの間の隙間はヨークギャップ2Gとして使用され、本実施の形態においてヨークギャップ2G部分上側には磁気抵抗効果素子9が配設される。

ヨークギャップ2Gは磁気ギャップ層4で検出された信号磁界を磁気抵抗効果素子9に流入させる。すなわち、磁界誘導ヨーク2は磁気ギャップ層4で検出された信号磁界を磁気抵抗効果素子9に流入させる閉磁路を構築する。図9中及び図10中に示す符号Msを付した矢印が指し示す方向は閉磁路を流れる信号磁界の流れる方向を表す。

【0061】磁気抵抗効果素子9の磁気抵抗効果素子9A~9Dはいずれも一端側が磁界誘導ヨーク2の上部磁性層23F上に重複して配設され、他端側が上部磁性層23R上に重複して配設される。本実施の形態において磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれの一端側は上部磁性層23Fに絶縁層6を介在して間接的に接続され、同様に磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれの他端側は上部磁性層23Rに絶縁層6を介在して間接的に接続される。磁気抵抗効果素子9Aの他端側には検出電流Isを供給するリード配線8が電氣的に接続され、磁気抵抗効果素子9Dの他端側には供給された検出電流Isの取り出しを行うリード配線8が電氣的に接続される。

【0062】磁気抵抗効果素子9A~9Dは、本実施の形態においてスピンバルブ型GMR素子で構成され、いずれも自由層91、非磁性導電層(中間層)92、固定層93、反強磁性層94、硬磁性層95を備える。自由層91、非磁性導電層92、固定層93、反強磁性層94のそれぞれは順次積層され、自由層91、非磁性導電層92及び固定層93は反強磁性層94と磁氣的にカップリング状態にある。自由層91は軟磁性薄膜、例えば10nmの膜厚を有するFeCo膜で形成される。非磁性導電層92は例えば2nmの膜厚を有するCu膜で形成される。固定層93は例えば2nmの膜厚を有するCo膜で形成される。反強磁性層94は例えば10nmの膜厚を有するFeMn膜で形成される。本実施の形態において、固定層93の磁化の向きと自由層91の磁化の向きとは無磁界状態で直交し、しかも自由層91の磁化の向きは磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界の流れの方向Msに対して直交する設定がなされる。

【0063】硬磁性層95は磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれの両側部に配設される。図11に示すように、符号は付けないが、自由層91、非磁性導電層92、固定層93及び反強磁性層94と硬磁性層95との間には絶縁層が配設され、双方の間は絶縁分離される。磁気抵抗効果素子9Aと9Bとの間、磁気抵抗効果素子9Bと9Cとの間、磁気抵抗効果素子9Cと9Dとの間の各々の硬磁性層95は双方で兼用される。硬磁性層95は例えば30nmの膜厚を有するCoPt膜で形成される。硬磁性層95は、磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれの自由層91に隣接配置され、自由層91の単磁区構造の安定性を確保してバルクハウゼンノイズを減少できる。

【0064】磁気抵抗効果素子9A~9Dはそれぞれ連

結配線81を通して電氣的に直列に接続される。詳細には、磁気抵抗効果素子9Aの一端側と磁気抵抗効果素子9Bの一端側との間、磁気抵抗効果素子9Bの他端側と磁気抵抗効果素子9Cの他端側との間、磁気抵抗効果素子9Cの一端側と磁気抵抗効果素子9Dの一端側との間にそれぞれ連結配線81が配設される。前述の第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドと同様に、本実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、それぞれの磁気抵抗効果素子9A～9Dにおいて検出電流 I_s の流れる方向は磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界方向 M_s と実質的に平行になる。本実施の形態において、連結配線81はリード配線8と同一製造工程により同一導電層、具体的には例えばMo膜などの非磁性金属膜で形成される。

【0065】なお、図10中及び図11中、符号3、5はいずれも絶縁層である。また、図示しないが、図10中及び図11中、磁気抵抗効果素子9及びリード配線8上には保護膜が形成される。

【0066】次に、前述のヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。図12乃至図15は製造方法を工程毎に説明するヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図（前述の図9に示すF11-F11切断線部分に相当する工程断面図）である。前述の第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法で説明した図3に示す工程から図7に示す工程（磁界誘導ヨーク2の形成工程及び絶縁層6の形成工程）までは同一であるので、本実施の形態での説明は省略する。

【0067】（1）図12に示すように、ヨークギャップ2G部分であって絶縁層6上に磁気抵抗効果素子9（9A～9D）の自由層91、非磁性導電層92、固定層93、反強磁性層94のそれぞれを基板1全面に順次形成する。すなわち、自由層91である例えば10nmの膜厚を有するFeCo膜、非磁性導電層92である例えば2nmの膜厚を有するCu膜、固定層93である例えば2nmの膜厚を有するCo膜、反強磁性層94である例えば10nmの膜厚を有するFeMn膜のそれぞれを4元スパッタリング法により順次形成する。

【0068】（2）図13に示すように、自由層91、非磁性導電層92、固定層93、反強磁性層94の各層をマスク9Rを使用しパターンニングする。マスク9Rには例えばフォトリソグラフィ技術で形成されたレジストマスクが使用される。パターンニングにはイオンミリングが使用される。このパターンニングにより磁気抵抗効果素子9A～9Dの合計4個のスピナルブ型GMR素子がほぼ形成される。

【0069】（3）図14に示すように、マスク9R上を含む基板1全面に絶縁層（符号は付けない。）、硬磁性層95のそれぞれを順次形成する。絶縁層には例えば8nmの膜厚を有する Al_2O_3 膜が使用され、硬磁性層95に

は例えば30nmの膜厚を有するCoPt膜が使用される。絶縁層、硬磁性層95のそれぞれは2元スパッタリング法により形成される。

【0070】（4）図15に示すように、マスク9Rを選択的に除去することによりマスク9R上の不必要な絶縁層及び硬磁性層95は除去され、磁気抵抗効果素子9の側部に絶縁層を介して硬磁性層95が形成される。マスク9Rの選択的な除去には例えばアセトンが使用される。すなわち、絶縁層並びに硬磁性層95はいわゆるリフトオフ法により形成され、硬磁性層95は自由層91、非磁性導電層92、固定層93、反強磁性層94の各層の側壁に自己整合で形成される。この後、フォトリソグラフィ技術及びエッチング技術を使用し、硬磁性層95を所定の形状にパターンニングする（図11参照）。

【0071】（5）前述の図9乃至図11に示すように、リード配線8及び連結配線81を形成する。リード配線8及び連結配線81は例えばスパッタリング法で形成したMo膜を所定の形状にパターンニングすることにより形成できる。

【0072】（6）そして、図示しないが、リード配線8及び連結配線81上を含む基板1全面に保護膜を形成することにより、本実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0073】このように構成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、前述の第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドで得られる効果がスピナルブ型GMR素子である磁気抵抗効果素子9で実現でき、さらに磁気抵抗効果素子9は自由層91の磁化方向を磁路に対して垂直方向に設定しているので、数倍の再生出力が得られる。さらに、磁気抵抗効果素子9の自由層91の磁区は側部に配設された硬磁性層95により単磁区化されるので、バルクハウゼンノイズの発生が減少できる。さらに、第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドと同様に、複数の磁気抵抗効果素子9A～9Dが直列に接続されたことにより、複数の磁気抵抗効果素子9A～9Dの合計の抵抗値が高く、定電流駆動で得られる再生電圧が高くなり、再生出力が向上できる。

【0074】さらに、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法においては、トラック幅T方向に複数配列された磁気抵抗効果素子9A～9Dのそれぞれの自由層91に対して硬磁性層95がリフトオフ法により自己整合で形成できる。従って、磁気抵抗効果素子9が微細加工、すなわち複数の磁気抵抗効果素子9A～9Dが微小加工でき、自由層91の磁区制御を行う硬磁性層95が製造上のマスク合わせ余裕なしに磁気抵抗効果素子9A～9Dのそれぞれの間に配設できる。

【0075】なお、本実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは磁界誘導ヨーク2のヨー

クギャップ2G部分においてトラック幅T方向に4個の磁気抵抗効果素子(スピンバルブ型GMR素子)9A~9Dのそれぞれを直列接続したが、本発明は2個、3個又は5個以上の個数の磁気抵抗効果素子をトラック幅方向に配設しかつそれぞれの磁気抵抗効果素子を直列に接続してもよい。

【0076】(第3の実施の形態)本実施の形態は、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいて、磁気抵抗効果素子に交換結合型GMR素子が使用される場合を説明する。前述のスピンバルブ型GMR素子である磁気抵抗効果素子9は自由層91への磁界の付与を硬磁性層95で行っていたが、本実施の形態に係る交換結合型GMR素子である磁気抵抗効果素子9は反強磁性層との積層による交換結合により自由層に磁界を付与する。図16は本発明の第3の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図である。

【0077】図16に示すように、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドは、ヨークギャップ2Gを有する磁界誘導ヨーク2と、磁界誘導ヨーク2のヨークギャップ2G部分においてトラック幅T方向(前述の図9参照)に複数配列された磁気抵抗効果素子9A~9Dと、複数配列された磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれを電氣的に直列に接続し、それぞれの磁気抵抗効果素子9A~9Dにおいて検出電流の流れる方向Isを磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界方向Msと実質的に平行にする連結配線81と、を備える。直列接続された複数の磁気抵抗効果素子9A~9Dは1つの磁気抵抗効果素子9として構築される。これらの磁界誘導ヨーク2、磁気抵抗効果素子9、連結配線81はいずれも基板1の表面上に配設される。

【0078】磁界誘導ヨーク2は、前述の第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドと同様に、基板1上に配設された下部磁性層21、中間磁性層22F、上部磁性層23F、中間磁性層22R、上部磁性層23Rを備えて構築される。中間磁性層22Fと上部磁性層23Fとの間の磁気ギャップ層4は磁気記録媒体に記録された磁気情報の検出を行う。上部磁性層23Fと上部磁性層23Rとの間の隙間はヨークギャップ2Gとして使用され、本実施の形態においてヨークギャップ2G部分上側には磁気抵抗効果素子9が配設される。ヨークギャップ2Gは磁気ギャップ層4で検出された信号磁界を磁気抵抗効果素子9に流入させる。すなわち、磁界誘導ヨーク2は磁気ギャップ層4で検出された信号磁界を磁気抵抗効果素子9に流入させる閉磁路を構築する。

【0079】磁気抵抗効果素子9の磁気抵抗効果素子9A~9Dはいずれも一端側が磁界誘導ヨーク2の上部磁性層23F上に重複して配設され、他端側が上部磁性層23R上に重複して配設される。本実施の形態において磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれの一端側は上部

磁性層23Fに絶縁層6を介在して間接的に接続され、同様に磁気抵抗効果素子9A~9Dのそれぞれの他端側は上部磁性層23Rに絶縁層6を介在して間接的に接続される。磁気抵抗効果素子9Aの他端側には検出電流を供給するリード配線8が電氣的に接続され、磁気抵抗効果素子9Dの他端側には供給された検出電流Isの取り出しを行うリード配線8が電氣的に接続される。

【0080】磁気抵抗効果素子9A~9Dは、本実施の形態において交換結合型GMR素子で構成され、いずれも下地層96、第1反強磁性層97、自由層91、非磁性導電層(中間層)92、固定層93、第2反強磁性層94の各層を順次積層して構成される。下地層96は例えば10nmの膜厚を有するCu膜で形成される。第1反強磁性層97は例えば10nmのFeMn膜で形成される。自由層91は軟磁性薄膜、例えば10nmの膜厚を有するFeCo膜で形成される。非磁性導電層92は例えば2nmの膜厚を有するCu膜で形成される。固定層93は例えば2nmの膜厚を有するCo膜で形成される。第2反強磁性層94は例えば10nmの膜厚を有するIrMn膜で形成される。

【0081】第1反強磁性層97、第2反強磁性層94のそれぞれは、双方の間の交換結合がゼロになる、互いに異なるブロッキング温度を有する。例えば、220℃の温度で信号磁界が流れる方向Msに平行に100KA/mの磁場を印加した状態で第1回目の熱処理を行い、引き続き150℃の温度でトラック幅T方向に平行に100KA/mの磁場を印加した状態で第2回目の熱処理を行う。第1回目の熱処理で固定層93は第2反強磁性層(IrMn膜)94との交換結合により信号磁界の流れる方向と平行な方向に磁化される。第2回目の熱処理はブロッキング温度よりも低いので、固定層93の磁化方向は信号磁界の流れる方向に平行な方向で維持され変化しない。一方、第1反強磁性層(FeMn膜)97のブロッキング温度は低いので、第2回目の熱処理温度つまり150℃の温度において自由層91は磁化され、この自由層91はトラック幅T方向に磁化される。

【0082】従って、本実施の形態に係る磁気抵抗効果素子9は、前述の第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの磁気抵抗効果素子9と同様に、固定層93の磁化の向きと自由層91の磁化の向きとは無磁界状態で直交し、しかも自由層91の磁化の向きは磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界の流れの方向Msに対して直交する設定がなされる。そして、磁気抵抗効果素子9においては、第1反強磁性層97により自由層91の単磁区構造の安定性を確保できるので、バルクハウゼンノイズを減少できる。つまり、第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドに使用されていた硬磁性層95は必要なくなる。

【0083】図16及び前述の第2の実施の形態の説明で使用した図9に示すように、磁気抵抗効果素子9A~9Dはそれぞれ連結配線81を通して電氣的に直列に接

続される。すなわち、それぞれの磁気抵抗効果素子9A～9Dにおいて検出電流 I_s の流れる方向は磁界誘導ヨーク2に流れる信号磁界方向 M_s と実質的に平行になる。本実施の形態において、連結配線81はリード配線8と同一製造工程により同一導電層、具体的には例えばMo膜などの非磁性金属膜で形成される。

【0084】なお、図16中、符号3、5はいずれも絶縁層である。また、図示しないが、図16中、磁気抵抗効果素子9及びリード配線8上には保護膜が形成される。

【0085】このように構成されるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドにおいては、前述の第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドで得られる効果に加えて、磁気抵抗効果素子（交換結合型GMR素子）9は第1反強磁性層97の交換結合作用により自由層91の単磁区化の制御を行えるので、前述の硬磁性層95がなくなる。従って、トラック幅T方向に複数配列された磁気抵抗効果素子9A～9D間に硬磁性層95を形成する必要がなく、第1反強磁性層97、第2反強磁性層94、自由層91、固定層93の各層を積層した単純な構造で形成できるので、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの構造が簡易に実現できる。さらに、製造プロセスにおいては、リフトオフ法により硬磁性層95を形成する工程がなくなるので、ヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造工程数を削減できる。

【0086】なお、本発明は前述の実施の形態に限定されない。例えば、本発明は、磁界誘導ヨーク2の下部磁性層21にヨークギャップを形成し、このヨークギャップ部分に磁気抵抗効果素子7又は9を配設してもよい。さらに、本発明は、磁界誘導ヨーク2の磁性層の層数を2層（下部磁性層及び上部磁性層）又は4層（下部磁性層、下部中間磁性層、上部中間磁性層及び上部磁性層）にしてもよい。

【0087】

【発明の効果】本発明は、再生出力を向上させることができ、高記録密度化が実現できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供できる。特に本発明は、磁気抵抗効果素子と磁界誘導ヨークとの間のオーバーラップ領域における磁化量低下を改善し、磁気抵抗効果素子の定電流駆動で得られる再生電圧を改善し、かつ磁気抵抗効果素子に流入する磁束量を改善することにより再生出力を向上させることができ、高記録密度化が実現できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供できる。

【0088】さらに、本発明は、バルクハウゼンノイズを減少させて再生出力特性を向上させることができ、構造が簡易に実現できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供できる。

【0089】さらに、本発明は、閉磁路全体の磁気抵抗

を減少させて、再生出力を向上させることができるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供できる。

【0090】さらに、本発明は、上記効果が得られるスピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子を備えたヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供できる。

【0091】さらに、本発明は、上記スピバルブ型巨大磁気抵抗効果素子の微細加工、特に自由層とこの自由層の磁区制御を行う硬磁性層とを微細に加工できるヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの製造方法を提供できる。

【0092】さらに、本発明は、上記効果が得られる交換結合型巨大磁気抵抗効果素子を備えたヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの平面構成図である。

【図2】図1に示すF2-F2切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図である。

【図3】第1の実施の形態に係る製造方法を工程毎に説明するヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図4】第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図5】第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図6】第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図7】第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図8】第1の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図9】本発明の第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの平面構成図である。

【図10】図9に示すF10-F10切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図である。

【図11】図9に示すF11-F11切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図である。

【図12】第2の実施の形態に係る製造方法を工程毎に説明するヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図13】第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図14】第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図15】第2の実施の形態に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの工程断面図である。

【図16】本発明の第3の実施の形態に係るヨークタイ

21

22

ブ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの断面構成図である。

【図17】従来技術に係る磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの概略平面図である。

【図18】従来技術に係るヨークタイプ磁気抵抗効果型薄膜磁気ヘッドの概略平面図である。

【図19】図18に示すF18-F18切断線で切ったヨークタイプ磁気抵抗効果型ヘッドの側面図である。

【図20】従来技術に係る磁界誘導ヨークの形状と磁気抵抗効果素子中の磁化との関係について3次元有限要素法で計算した結果を示す図である。

【符号の説明】

- 1 基板
- 2 磁界誘導ヨーク
- 21, 22F, 23F, 22R, 23R 磁性層
- 2G ヨークギャップ
- 4 磁気ギャップ層

7, 7A, 7B, 9, 9A~9D 磁気抵抗効果素子

71 バイアス層

72 中間層

73 MR層

74 連結配線又は反強磁性層

91 自由層

92 非磁性導電層

93 固定層

94 反強磁性層又は第2反強磁性層

10 95 硬磁性層

96 下地層

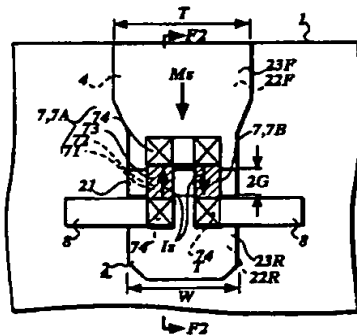
97 第1反強磁性層

9R マスク

8 リード配線

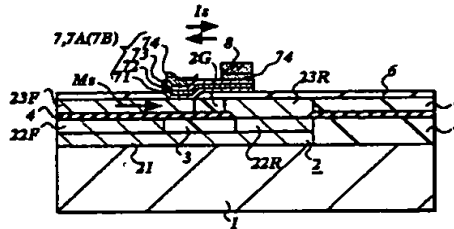
81 連結配線

【図1】



- 1 基板
- 2 磁界誘導ヨーク
- 2G ヨークギャップ
- 4 磁気ギャップ層
- 7, 7A, 7B 磁気抵抗効果素子 (MR素子)
- 71 バイアス層
- 72 中間層
- 73 MR層
- 74 連結配線 (反強磁性層)
- 8 リード配線
- T トラック幅
- 21, 22F, 23F, 22R, 23R 磁性層

【図2】

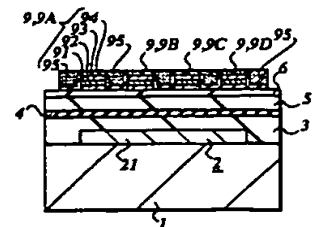
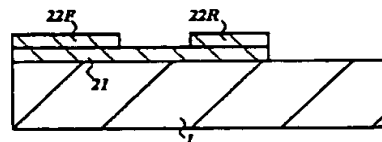
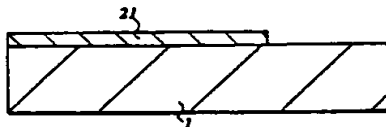


- 1 基板
- 2 磁界誘導ヨーク
- 2G ヨークギャップ
- 3, 5, 6 絶縁層
- 4 磁気ギャップ層
- 7, 7A, 7B 磁気抵抗効果素子 (MR素子)
- 71 バイアス層
- 72 中間層
- 73 MR層
- 74 連結配線 (反強磁性層)
- 8 リード配線
- 21, 22F, 23F, 22R, 23R 磁性層

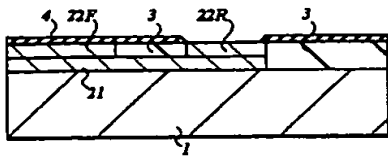
【図4】

【図11】

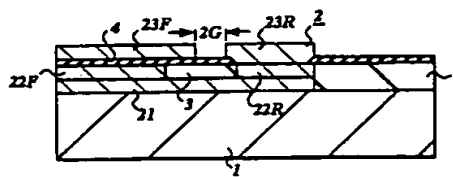
【図3】



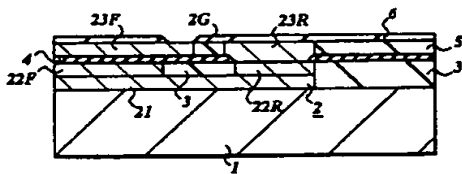
【図5】



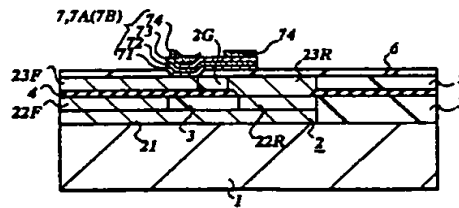
【図6】



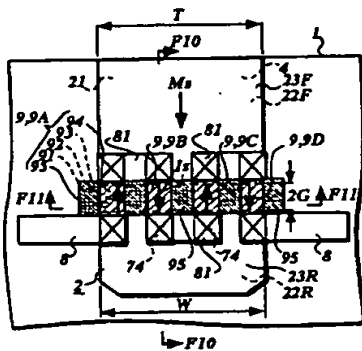
【図7】



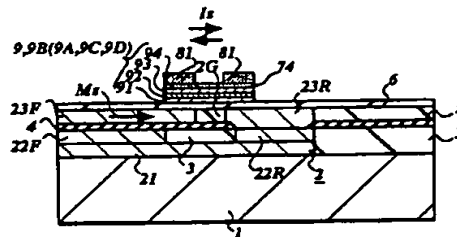
【図8】



【図9】

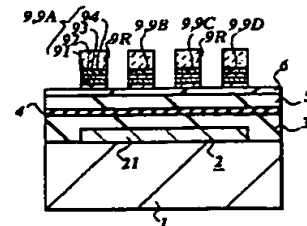
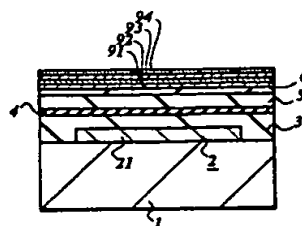


【図10】



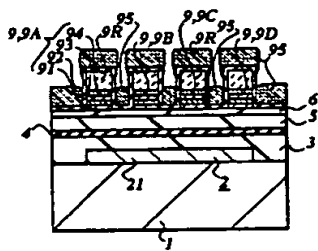
【図12】

【図13】

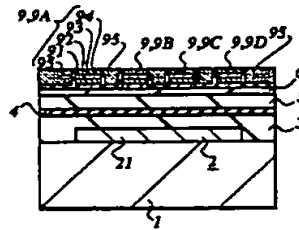


- 1 基板
 2 磁気誘導ヨーク
 2G ヨークギャップ
 4 磁気ギャップ層
 9,9A-9D 磁気抵抗効果素子 (スピンバルブ GMR 素子)
 91 自由層
 92 非磁性導電層
 93 固定層
 94 反強磁性層
 95 硬磁性層
 8 リード配線
 81 連結配線
 T トラック幅
 21,22F,23F,22R,23R 磁性層

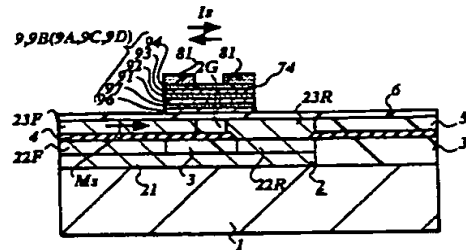
【図14】



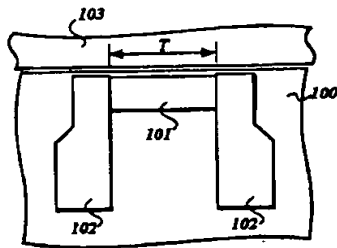
【図15】



【図16】

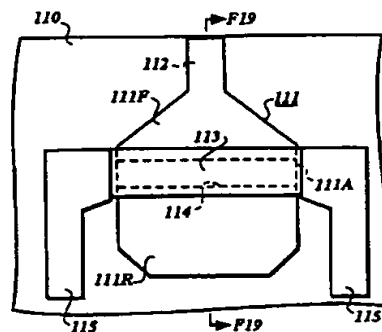


【図17】

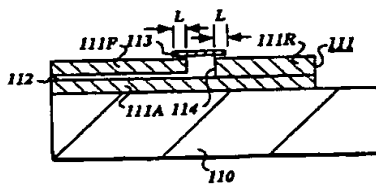


- 1 基板
- 2 磁気抵抗層
- 2G ヨークギャップ
- 4 磁気ギャップ層
- 9, 9A~9D 磁気抵抗効果素子 (交換結合型 GMR 素子)
- 91 自由層
- 92 非磁性導電層
- 93 固定層
- 94 第2反強磁性層
- (95) 硬磁性層
- 96 下地層
- 97 第1反強磁性層
- 8 リード配線
- 81 連結配線
- T トラック幅
- 21, 22F, 23F, 22R, 23R 磁性層

【図18】



【図19】



【図20】

